

# 平成 30 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災

研究期間：平成 30 年度

課題番号：132002

研究課題名（和文）：日本版竜巻スケールおよびその評価手法に関する研究

研究課題名（英文）：Cooperative study on new scale for rating tornadoes in Japan

研究代表者：奥田泰雄

交付決定額（当該年度）：330,000 円

## 1. 研究の目的

### ■研究の学術的背景

小規模ではあるが激甚被害をもたらす竜巻等に対する個人や行政レベルの対応、あるいは構造物の耐風性や設計上の考え方については、米国等に比較してわが国の状況は極めて不十分である。日本で発生する竜巻は、海上で発生するいわゆる waterspout が中心で、米国で見られるようなスーパーセルによる大型のトルネードの発生は稀であると見られていた。しかしながら、近年、甚大な被害を及ぼす竜巻による被害が頻発し、調査研究の結果、これらの幾つかはスーパーセルと同様な大気状態の下に発生した竜巻であることが示唆され始めている。また、竜巻による被害も、多くは飛散物に起因するなど、台風等の強風被害と若干異なる様相を示すことが報告されている。

竜巻の認識件数は増加傾向にあるが、顕著な影響は極めて限られた時空間的に現れるため、実態の把握が難しい。観測による詳細把握はドップラーレーダーなどを用いて積極的に対応され始めているが、地表面付近の状況などは現地調査に頼らざるをえない状況である。竜巻発生の実態把握を的確に行うためには、竜巻の特徴を的確に表す分類評価を実施する必要がある。1971年に藤田哲也により提案されたフジタスケールは、世界各地で使用されてきたが、被害程度の認識方法や風速の推定方法が明確でないなどの問題が指摘されており、米国では 2001 年頃から従来のフジタスケールに対する見直しが始まり、2006 年のテキサス工科大学、NIST、National Weather Service を中心として、Enhanced Fujita Scale が提案された。以降、米国で竜巻の強さ分類として公式に改良フジタスケール(Enhanced Fujita Scale, EF スケール)が用いられている。この EF スケールは、米国での建築物や工作物や、自然植生の空気力や耐力、強度を元に作成されており、これを直接日本の竜巻に適用することはできない。気象庁、国土交通省、建築研究所、東京工芸大学は、国内の研究者、専門家とともに、日本における竜巻の強度分類法として、国内の被害指標(Damage Indicator, DI)として適切なものを抽出し、それらの被害状況程度(Degree of Damage, DOD)の分類と対応する作用風速(または等価風速)の適切な評価方法の共同研究を進めてきた。その成果は、「竜巻等突風の強さの評定に関する検討会（会長：田村幸雄）」に提出され、2015 年 12 月には、気象庁から「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」として公表された。

本申請では、平成 27 年 12 月「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」（以下、日本版改良藤田スケール）において提案された、DI と DOD およびその風速について、より安定的に調査、判定できるよう、被害情報の収集、被害指標(DI)の洗い出し、被害程度(DOD)の分析、竜巻発生時の空気力学的作用と工学的に等価な風速への換算手法、時空間的に非定常な流れ場での構造物や樹木等の空気力の性質、構造物や樹木等の耐力、強度の評価方法など多岐にわたる、竜巻被害評価関連技術を検討し、日本版改良藤田スケールの運用に寄与することを目的とする。

また、本研究の目的の一つとして、気象庁「竜巻等突風の強さの評定に関する検討会」に対して、最新の科学的知見に基づく竜巻強さの評価手法に関する資料を提供し、気象庁の「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」見直しの検討に資することがあげられる。

## 2. 研究の方法

本研究では以下の項目について検討を行う。

(1) 改良藤田スケールのフォロー：平成 28 年度から実施されている日本版改良フジタスケールの適用に際して、問題点等を検討する。実際に運用に供して発生した検討事項等をまとめ、解決方法、追加説明等を検討する。DI, DOD とそれぞれの風速に関する継続的な吟味を行う。特に、物置、コンテナ等の内容量、飛散距離、横ずれ、ステーの影響等の考慮、船舶、寺社、土蔵、石灯籠、墓誌等の DI, DOD 検討を予定している。

(2) 竜巻の発生実態と特徴の把握：改良藤田スケールを過去の主要な竜巻被害に適用し、被害

風速の評価を行い、被害実態の解明を図る。

(3) 竜巻等の突風被害の現地調査を実施し、風速や風圧力の根拠となる資料収集を行う。

### 3. 研究成果

平成 30 年度は、実際の竜巻等の突風被害に対して、日本版改良藤田スケール（以下、JEF）の DI, DOD の適用について検討を行ったほか、竜巻等の突風だけでなく、台風等の強風についても適用性の検討を進めた。特に、9 月 4 日に関西地方を中心に大きな被害をもたらした台風 21 号の被害に対する DI, DOD の適用性等について検討した。

#### 1) 竜巻等の突風被害に対する JEF の DI, DOD の適用性の検討

JEF スケールで不明や JEF0 未満などとなる事象への評価方法、考え方を整理し、突風事象を可能な限り網羅できるように検討した。

#### 2) 個別の突風被害に対する評価の妥当性を検討した。

- 6 月 1 6 日 沖縄県国頭郡伊江村竜巻約 7 0 m/s
- 6 月 2 9 日 滋賀県米原市竜巻約 6 5 m/s
- 7 月 1 6 日 茨城県常陸大宮市ダウンバースト約 4 0 m/s
- 8 月 2 7 日 東京都練馬区、杉並区ダウンバースト約 4 5 m/s

#### 3) 台風 21 号による被害に対する JEF の適用性の検討を行った。

外装材、屋外に面するバルコニー手摺などの被害検討  
DI, DOD が適用される事例の収集

#### 4) 公開研究会の開催、下記のプログラムで公開研究会を開催した。

開催日時：2019 年 3 月 22 日（金） 10:00～12:00

開催場所：田町スクエア会議室

プログラム

10:00～ 趣旨説明 建築研究所 奥田 泰雄

10:10～11:30 関連研究の紹介

- |                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 1) 平成 30 年度の研究成果の概要        | 気象庁 村井 博一    |
| 2) 建築物の DI の DOD 見直しについて   | 建築研究所, 国総研   |
| 3) 工作物・車両 DI の DOD 見直しについて | 東京工芸大学 吉田 昭仁 |
| 4) 電柱 DI による T1821 号の風速推定  | 高知大学 野田 稔    |
| 5) 飛来物等による風速評価の試み          | 東京工芸大学 松井 正宏 |

11:30～12:00 総合討議・まとめ

### 4. 主な発表論文等

1) Japan Meteorological Agency (JMA), Development and Implementation of the Japanese Enhanced Fujita Scale, WMO News from Members, May 2018

2) 岩下久人, 野田博, 野田稔, 金容徹, 松井正宏, 強風被害調査(その3) 観測及び工作物の被害による風速推定, 平成 30 年度科学研究費助成事業 - 科研費 - 特別研究促進費研究, 「平成 30 年台風 21 号による強風・高潮災害の総合研究」成果報告会, 2019 年 3 月 25 日, 京都大学宇治キャンパス 宇治おうばくプラザきはだホール (JEF 適用性等の検討として協力)

### 5. 研究組織

#### (1) 研究代表者

奥田泰雄 (建築研究所)

#### (2) 研究分担者

##### 【共同研究者】

(東北大学) 植松 康, 小野 裕一, (東京工芸大学) 田村幸雄, 松井正宏, 吉田昭仁, 金容徹, (東京工業大学) 坂田弘安, (防衛大学校) 小林文明, (京都大学) 丸山 敬, 中川貴文, (高知大学) 野田 稔, (九州大学) 前田潤滋, (熊本大学) 友清衣利子, (建築研究所) 奥田泰雄 (研究代表者, 再掲), (森林総合研究所) 鈴木 覚, (日本設計) 人見泰義, (風工学研究所) 勝村 章, (気象研究所) 小司禎教, 佐藤英一, 鈴木修, (同済大学) 曹曙陽

##### 【研究協力者】

(気象庁) 中本 能久, 蓼沼 信三, 村井 博一, 加茂 直幸, 鈴木 翔太  
(国土技術政策総合研究所) 喜々津仁密, 脇山善夫, 石原 直, 荒木康弘

## 6. 要約(Abstract)

研究課題名：日本版竜巻スケールおよびその評価手法に関する研究

Cooperative study on new scale for rating tornadoes in Japan

研究代表者名：奥田泰雄(建築研究所)

気象庁, 国土交通省, 建築研究所, 東京工芸大学は, 国内の研究者, 専門家とともに, 日本における竜巻の強度分類法として, 国内の被害指標 (Damage Indicator, DI) として適切なものを抽出し, それらの被害状況程度 (Degree of Damage, DOD) の分類と対応する作用風速 (または等価風速) の適切な評価方法の共同研究を進めてきた。

平成 30 年度は, 突風による影響を網羅的に把握するために, JEF での評価が不明, または JEF0 未満となるような事象についても検討を加え, それらの評価方法と位置付けを検討した。

さらに, 最大瞬間風速評価手法としての JEF は台風等の被害について適用性を検討するために, 著しい被害をもたらした, 平成 30 年台風 21 号による被害事例を収集し, JEF の適用性を検討した。

また, 以下の被害についての JEF 適用性を検討した。

- 6 月 16 日 沖縄県国頭郡伊江村竜巻
- 6 月 29 日 滋賀県米原市竜巻
- 7 月 16 日 茨城県常陸大宮市ダウンバースト
- 8 月 27 日 東京都練馬区、杉並区ダウンバースト



## 台風 21 号被害への JEF の適用性検討

### 【17】電柱

番号	DOD	代表値	風速 (m/s)	
			下限値	上限値
1	AA×CCs100	40	40	50
	100<AA×CCs200	50	40	55
	200<AA×CC	65	55	80
2	AA×CCs100	55	45	70
	100<AA×CCs200	70	60	80
	200<AA×CC	95	80	110



(a) 基部の被害例1  
[大阪府泉南市 摂南大学池内教授撮影]



(b) 基部の被害例2  
[大阪府泉佐野市, <https://bmatc.jp/user/nokao/86-4a5800d2016-f06f09>]